Lane Medical Library

Aus der Königlichen Universitäts-Augenklinik zu Berlin.
(Direktor: Geheimer Medizinalrat Dr. J. v. Michel.)

Ueber die individuellen Schwankungen und den Einfluss des Lebensalters auf das Dämmerungssehen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Medizinischen Doktorwürde
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin.

Von
Aron Petuchowski,
approb. Arzt
aus Halberstadt.

Tag der Promotion: 12. August 1911.

BERLIN
Druck von H. Itzkowski, Auguststr. 69
1911.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Professor Dr. v. Michel.

DEM ANDENKEN

MEINER

TEUREN MUTTER.

Wie das menschliche Sehorgan mit einem besonderen Apparate, dem Accomodationsapparate, versehen ist, der es ihm gestattet, sich entsprechend der jeweiligen Entfernung des zu beobachtenden Objektes in eine Nah- oder Fernstellung zu geben und es ihm dadurch ermöglicht, von allen beobachteten Gegenständen ein deutliches und nicht verzerrtes Netzhautbild zu erhalten, so gibt es auch nach Aubert eine „Accomodation des Auges für Licht-Intensitäten". Er versteht hierunter die Anpassungsfähigkeit des Auges der jeweilig vorhandenen Lichtintensität gegenüber und erklärt hiermit den bekannten Vorgang, der sich im Sehakt bei Uebertritt von einem hellerleuchteten Raum in einen solchen von geringerer Lichtintensität abspielt. Denn wie jedermann aus dem täglichen Leben weiss, kann man sich beim Uebergang von einem hellen Raum in einen weniger hellen in den ersten Minuten fast gar nicht orientieren und seine Umgebung gar nicht erkennen. Bald darauf jedoch kann man schon die einzelnen Gegenstände unterscheiden und ihre Umrisse erkennen und nach noch längerem Aufenthalt erscheinen sie einem ganz deutlich. Es muss sich also jetzt im Auge irgend ein Vorgang abspielen, der die momentan vorhandene und im Verlauf der nächsten Minuten noch wachsende Empfindlichkeitssteigerung der Netzhaut schwachen Lichtreizen gegenüber bedingt, und diesen Vorgang nennt man nach Auberts Vorschlag „Adaptation."

Aubert selbst hat dann über den Grad der Empfindlichkeitssteigerung des Auges schwachen Lichtreizen

gegenüber systematische Untersuchungen angestellt und, um von dem Verlauf des Adaptationsvorganges ein genaues Bild zu erhalten, als erster die gefundenen Resultate in Kurven festgelegt. Er zeichnete nämlich in einem rechtwinkligen System von Achsen auf der einen Achse, der Abscisse, die Zeiten ein, in der die einzelnen Messungen vorgenommen wurden, und auf der darauf senkrechten, der Ordinaten, die um diese Zeit gefundenen Empfindlichkeitswerte der Netzhaut, die sich ja umgekehrt proportional verhalten wie die Schwellenwerte, und vereinigte die so gefundenen Punkte zu einer Kurvenlinie. Seine Methode war eine einfache, birgt aber, wie später gezeigt werden wird, verschiedene Fehlerquellen in sich. Er bewertete nämlich den Empfindlichkeitsgrad des im Dunkelraum befindlichen Auges nach der Länge eines kurzen, rot glühenden, eben noch sichtbaren Platindrahtes, dessen Lichtintensität er durch photometrische Messungen mit Rauchgläsern feststellte. Im Verlaufe der Untersuchungen änderte er dann die Länge des Drahtes, bis die von diesem jeweilig ausgestrahlte und mit der Längeveränderung natürlich auch veränderte Lichtintensität gerade noch bemerkt wurde, und stellte dann diesen Wert photometrisch fest. So kam er dann zu dem Ergebnis, dass der Empfindlichkeitszuwachs des dunkel- adaptierten Auges nach ungefähr $1\,^1/_2$ Stunden Dauer der Dunkeladaptation das 35 fache der Wertigkeit des helladaptierten Auges erreiche und glaubte, dass die Kurve, die den Adaptationsverlauf darstellte, in den ersten Minuten einen sehr steilen, dann aber einen immer langsameren Aufstieg zeige, bis nach 2 Stunden annähernd das Maximum erreicht sei. Diese Resultate stehen nun in einem grossen Gegensatz zu denen, die spätere Untersucher wie Charpentier, Treitel, besonders aber Piper erheben konnten. Denn dieser fand, wovon später noch ausführlich zu reden ist, bei seinen

Untersuchungen Empfindlichkeitszuwachse, die im extremsten Falle bis an das 8000 fache heranreichten, ausserdem noch eine Zunahme der Adaptation nach 8 Stunden, also nicht Abschluss nach 2 Stunden, sowie schliesslich einen Verlauf seiner Kurve, der dem Auberts ganz entgegengesetzt ist. Dieser Gegensatz erklärt sich nun einfach aus den Fehlern, die die Versuchsanordnung Auberts in sich barg. Einer derselben war nun die Art, wie Aubert die Helladaptation vor seinen Untersuchungen herstellte. Denn wenn auch Piper glaubte, bei seinen Untersuchungen die Tatsache gefunden zu haben, dass die Dauer der vorausgegangenen Helladaptation und in ziemlich weiten Grenzen auch die Intensität der einwirkenden Sonnenstrahlen keinen wesentlichen Einfluss auf den Gang der Dunkeladaptation ausübten, ausser etwa in jenen Fällen, wo durch Ueberblendung des Auges störende Nachbilder und Lichtnebel sich einstellen und stets annähernd dieselbe Intensität des Versuchlichtreizes als erster Schwellenwert gefunden werde, so sind in letzter Zeit auf Grund diesbezüglicher Untersuchungen Nicolai und Rabinowitsch doch zu anderen Ergebnissen gekommen. Sie konnten nämlich eine direkte Beziehung zwischen vorausgegangener Helladaptation und dem Typus der Kurve der Dunkeladaptation auffinden, derart, dass die Kurven umso steiler anlaufen, je kürzere Zeit die Dauer der Helladaptation betrug und umgekehrt, eine Erscheinung, die sie damit erklären, dass der Uebergang des Auges von einem Zustande, also dem der Helladaptation in einen anderen, also den der Dunkeladaptation, sich umso leichter vollziehe, je kürzere Zeit er in ihm verweilt habe. Da nun Aubert bei seinen Untersuchungen nur kurze Zeit hell adaptieren liess, so ist es nicht weiter verwunderlich, dass er Kurven bekam, die gleich von Anfang an einen steilen Verlauf nahmen und nicht erst

allmählich sich zu dieser Höhe entwickelten. Begünstigt wurde noch das Bild der steilen Kurve durch die Tatsache, dass, worauf Wölfflin hinweist, Aubert die Untersuchungen nicht sofort nach Schluss der Helladaptation anstellte, sondern erst noch einige Minuten verstreichen liess, bis er den ersten Schwellenwert bestimmte. Natürlich war dann inzwischen im Dunkeln die Adaptation fortgeschritten, und wenn er dann den ersten Schwellenwert feststellte, so war dieser ein hoher und bedingte dadurch die Steilheit der Kurve. Auf besonders schwer wiegende Fehler in der Versuchsanordnung Auberts haben jedoch Nagel und Schäfer hingewiesen, die der Ansicht sind, dass Aubert bei seinen Untersuchungen überhaupt nicht die Adaptation der peripheren Netzhautpartieen, sondern nur die des Zentrums, der fovea zentralis, feststellen konnte. Wie aber Untersuchungen von Kries, Pertz, Nagel, Schäfer und aus jüngster Zeit die Wölfflins gezeigt haben, besteht zwischen Peripherie und Zentrum der Netzhaut ein grosser funktioneller Unterschied insofern, als die peripheren Netzhautpartieen wegen ihres grossen Gehalts an Netzhautstäbchen als den hypothetischen Trägern der Dunkeladaptation einer grossen Dunkeladaptation fähig sind, das Netzhautzentrum jedoch wegen des Mangels an Stäbchen und des alleinigen Vorkommens von Netzhautzäpfchen als den hypothetischen Trägern des farbentüchtigen Hellapparates nur eine geringe Adaptationsfähigkeit besitzt und beinahe als hemeralopisch angesprochen werden kann. Dass Aubert nun bei seiner Methode dieses adaptations-untüchtige Zentrum untersuchen musste und dadurch nur niedrige Endwerte erhielt, lag einmal an der Grösse oder vielmehr an der Kleinheit des von ihm gewählten Reizobjektes, nämlich des glühenden Platindrahtes, der wegen seiner geringen Winkelgrösse über-

haupt nicht mit peripheren Netzhautpartieen, sondern fast ausschliesslich mit der fovea perzipiert werden konnte. Dann aber muss man sich noch vergegenwärtigen, dass Aubert während seiner Untersuchungen den Draht in seiner Länge variierte, um hierdurch die Lichtintensität abzuschwächen. Hierdurch aber wurde nicht nur die Lichtintensität, sondern auch seine Qualität verändert. Denn während vorher bei starker Intensität und hoher Temperatur des Drahtes die blauen und violetten Strahlen die Ueberhand hatten und die Empfindlichkeit der peripheren Netzhautpartieen diesen gegenüber eine hohe ist, traten nunmehr mit Abnahme der Temperatur und Lichtintensität an ihre Stelle die roten Strahlen, für die sich aber die Empfindlichkeit der Netzhaut nur wenig steigert und die somit keinen Wertmesser abgeben konnten für die Adaptationszunahme der peripheren Netzhaut. Unter Berücksichtigung dieser verschiedenen Fehlerquellen ist es verständlich, dass Aubert für die Empfindlichkeitssteigerung Werte fand, die wohl übereinstimmen mit den Untersuchungen Nagels und Schäfers über foveale Dunkeladaptation, aber im Gegensatz stehen zu den Ergebnissen späterer Forscher, die viel höhere Endwerte fanden.

Diese arbeiteten nämlich nach wesentlich exakteren Methoden und verstanden es vor allem eine bedeutend genauere und feinere Abstufung des Reizlichtes in ihren Untersuchungen anzuwenden. So fand Charpentier, der in seiner Versuchsanordnung die Abstufung des Lichtes nach ähnlichen Prinzip wie am Förster'schen Photoptometer herbeiführte, am Ende der Dunkeladaptation nach einer vorausgegangenen mittleren Helladaptation wie Aufenthalt im Zimmer, einen Zuwachs der Empfindlichkeit um etwa das 200-300fache wie vor der Dunkeladaptation, während dieser Zuwachs nach einer voraus-

gegangenen guten Helladaptation, wie Aufenthalt im Freien, das 676 fache erreichte. Doch hielt auch er sowie Treitel, der mit Hilfe seiner Lichtsinntafeln ähnliche Empfindlichkeitssteigerungen fand, noch an dem von Aubert beschriebenen Kurventypus fest, der ja wie oben bereits ausgeführt, einen im Anfang steilen, dann aber immer langsameren Anstieg nimmt.

Einer gründlichen Revision wurden diese nunmehr als feststehend betrachteten Regeln durch eine im Jahre 1903 erschienene Arbeit Piper's unterzogen, der die zeitlichen und quantitativen Verhältnisse des Dunkeladaptationsvorganges noch einmal durch ausführliche Untersuchungen feststellte. Mit Hilfe einer von ihm selbst angegebenen Methode, deren Einzelheiten in seiner Arbeit genau beschrieben sind, kam er zu Ergebnissen, die den bisherigen Ansichten völlig entgegengesetzt waren, und soll das Wesentliche der von ihm gefundenen Resultate hier wieder gegeben werden. Was zunächst den Verlauf der Dunkeladaptation anbetrifft, so stellte er im Gegensatz zu allen bisherigen Forschern die Regel auf, dass die Empfindlichkeit der Netzhaut bei beginnender Dunkeladaptation in den ersten 10—12 Minuten langsam, dann aber schnell zunehme und nach etwa 35—40 Minuten ein Maximum erreicht habe, auf welches eine nur äusserst langsame Steigerung folge, die aber immerhin noch so gross sei, dass der nach acht Stunden dauernder Dunkeladaptation gefundene Endwert den doppelten Wert des nach einer Stunde gefundenen betrage. Dieser nach einer Stunde gefundene Wert schwankte zwischen einem Zuwachs von dem 1400 bis 8300 fachen und war grossen individuellen Schwankungen unterworfen. Entsprechend diesem Verlauf musste natürlich auch die kurvenmässige Darstellung der Werte von der Aubert's und seiner Nachuntersucher abweichen; und zwar stellte sich Pipers Kurve graphisch so dar,

dass sie in den ersten Minuten sich von der Abscissenachse kaum merklich erhob, dann aber nach einem mehr oder weniger steilen Knick bis etwa zur 35. Minute schnell anstieg, um dann wieder leicht umzubiegen und nunmehr fast parallel mit der Abscissenachse zu verlaufen. Da die grossen zahlenmässigen individuellen Schwankungen sich natürlich auch im Verlauf der Kurven bemerkbar machten und die Bilder der einzelnen Kurven merklich variierten, so entschloss sich Piper eben aus dem Verlauf der Kurven heraus zwei verschiedene Typen für die Dunkeladaptation anzunehmen, einen Typus, der nach zuerst fast horizontal verlaufender Strecke sich durch rasches, also steiles Aufsteigen der Kurve auszeichne und daneben hohe Endwerte zeige, und den anderen Typus, bei dem nach anfänglich gleichem Verlauf wie bei dem ersten Typus die Kurve sich langsamer hebe, also einen flachen Verlauf nehme und gleichzeitig niedrigere Endwerte zeige. Um das Entstehen dieser beiden Typen zu erklären, wurden verschiedene Erklärungen herangezogen. Piper selbst glaubte im Verein mit Tschermak eine Beziehung zwischen den beiden Typen und den von Hering gefundenen Typenunterschieden des normalen Farbensinnes sehen zu können, während Lohmann glaubt, physikalische Ursachen verantwortlich machen zu können. Er vermutet nämlich, dass vielleicht weite Pupillen und relative Lichtdurchlässigkeit der Iris dauernd einen leichten Grad von Ueberblendung der Netzhaut herbeigeführt haben könnten und diese sich dann in einer Herabsetzung der zeitlichen und quantitativen Ausschlaggrösse der Dunkeladaptation bemerkbar mache. Schliesslich sei noch die Ansicht Wölfflins erwähnt, der gelegentlich anderer Untersuchungen über Dunkeladaptation glaubte gefunden zu haben, dass Leute mit dunklem Haar hohe Endempfindlichkeitswerte und solche mit hellen Haaren niedere

zeigten. Er nahm nämlich an, dass der Pigmentgehalt der Netzhaut, der doch für den Prozess der Dunkeladaptation von grosser Bedeutung ist, in direktem Verhältnis stehe zu dem des Haares und brachte daher die beiden Typen der Adaptation in Beziehung zu der Haarfarbe. Dem widerspricht jedoch Nagel, der ausdrücklich hervorhebt, dass zwischen dem Pigmentgehalt des Haares und dem des Chorioidealepithels kein direktes Verhältnis besteht. Und ausserdem ist hiermit die Tatsache nicht in Einklang zu bringen, dass bei albinotischen Personen relativ hohe Endwerte gefunden wurden, während sie doch nach Wölfflins Ansicht fast hemeralopisch hätten sein müssen.

Als letztes Untersuchungsresultat Pipers sei noch das von ihm gefundene Gesetz der Reizaddition angeführt. Er hat nämlich gefunden, dass die Empfindlichkeit beider dunkel-adaptierter Augen — allerdings erst nach Ablauf von 15 Minuten — einen viel höheren Wert besitze, als die jedes einzelnen Auges und dass der binokulare Wert fast doppelt so gross sei wie der des monokularen Auges oder anders ausgedrückt, dass die Reizschwelle bei binokularer Dunkeladaptation nur halb so gross sei wie bei monokularer. Diese Befunde wurden von verschiedenen Autoren wie Horn und Heinrichsdorff vollkommen bestätigt, während Stargardt und Lohmann dieses Gesetz nicht in allen Fällen finden konnten. Auch Wölfflin, der auf Grund früherer Untersuchungen sich diesem Gesetze gegenüber vollkommen ablehnend verhielt, hat jetzt, nach einer neueren Arbeit, sich der Ansicht Lohmanns angeschlossen.

Hatten sich die Arbeiten von Aubert, Charpentier, Treitel und Piper mit dem Adaptationsverlauf an normalem Auge beschäftigt, so hatte es sich eine andere Gruppe von Untersuchern zur Aufgabe gemacht, den Gang der Dukeladaptation bei Augen mit pathologischem

Hintergrund zu beobachten und festzustellen, ob überhaupt und inwiefern durch diese pathologischen Veränderungen der Gang des Dämmerungssehens beeinflusst würde. Uebereinstimmend hatten alle Autoren dann gefunden, dass unter diesen Bedingungen sich Störungen hinsichtlich des Verlaufes und der gefundenen Endwerte ergaben, die natürlich in der Intensität und der Höhe der Endwerte variierten nach der jeweilig vorhandenen Augenhintergrunderkrankung und die bei der Netzhautablösung sogar bis zur völligen Aufhebung der Dunkeladaptation führen konnten (Stargardt, Wöllflin).

Andere Forscher wiederum wollten sich Klarheit darüber verschaffen, ob es möglich sei, durch künstliche Mittel den Gang des Dämmerungssehens zu beeinflussen. Nagel und Schäfer versuchten es mit physikalischen Methoden, indem sie den Gang der Adaptation beobachteten, nachdem das Auge vor dem Versuch durch einen Compressionsverband einem gewissen Druck ausgesetzt war oder so, dass während der Untersuchung das Auge von schwachen, elektrischen Strömen durchflossen war. Aber in keinem Falle konnten sie irgend einen Einfluss auf den Gang der Adaptation beobachten. Mehr Erfolg sahen die Forscher, die ihre Untersuchungen anstellten, nachdem sie das Auge unter den Einfluss von solchen medikamentösen Mitteln gebracht hatten, von denen es bekannt war, dass sie in anderer Hinsicht die Funktion des Auges beeinflussen, nämlich unter den Einfluss von Santonin und Strychnin. Hinsichtlich der Wirkung des Santonin besteht allerdings keine Uebereinstimmung der Untersucher. Denn während Filehne behauptet, nach Santoningebrauch eine Erschwerung und Verzögerung der Adaptation beobachtet zu haben, erklären Knies, Wölfflin und Piper, der sogar ganz hohe Satoningaben verabreichte, keinen Einfluss festgestellt zu haben. Dagegen konnte Wölfflin, wenn er das Auge unter den

Einfluss von subkutan injiziertem Strychnin gebracht hatte, einen wesentlich steileren Anstieg der Kurve und einen höheren Endwert bemerken.

Nachdem so der Einfluss von physikalischen und medikamentösen Mitteln auf den Gang der Dunkeladaptation studiert war, erscheint es eigentümlich, dass erst relativ spät Untersuchungen angestellt wurden über den Einfluss des Faktors, der doch für den gesamten physiologischen Ablauf im Organismus die allergrösste Rolle spielt und im allgemeinen in der Jugend ein Wachsen, im Alter ein Abnehmen der Wertigkeit der physiologischen Funktionen bedingt, nämlich über den Einfluss des Lebensalters. Das Studium dieser Frage lag doch eigentlich um so näher, als von allen Autoren, die sich überhaupt mit der Dunkeladaptation beschäftigt hatten, auf die grossen individuellen Verschiedenheiten der Adaptationsfähigkeit hingewiesen war, und doch leicht die Annahme berechtigt war, dass diese grossen Verschiedenheiten eben durch den Einfluss des Alters bedingt waren. Wenn auch diese Frage hinsichtlich ihres klinischen und praktischen Wertes von geringerer Bedeutung erscheint, so gewinnt sie doch umsomehr vom rein physiologischen Standpunkt aus. Denn wie im höheren Lebensalter eine Abnahme der zentralen Sehschärfe stattfindet, so lag doch der Gedanke nahe, dass durch irgend welche regressiven Vorgänge, die sich im Alter in der Netzhaut abspielen, auch die Adaptation beeinflusst werden könnte und hieraus die grossen individuellen Schwankungen sich erklären liessen. Und doch liegen hierbei nur zwei spezielle Arbeiten vor, da sowohl Tschermak wie auch Piper nur Vermutungen darüber aussprechen, dass im höheren Alter die Adaptation geringer sein könne, als in der Jugend. Diese beiden Arbeiten stammen von Wölfflin und Kurt Cohen. Beide stellten ihre Untersuchungen nach eigenen Methoden

an und beide kamen, wenn auch Wölfflin sich etwas vorsichtiger und nicht so bestimmt ausdrückt, zu dem Ergebnis, dass vom fünften Dezennium ab eine Abnahme der Adaptationsfähigkeit zu finden sei. Cohen glaubte ausserdem noch festgestellt zu haben, dass im ersten Decennium die Adaptationsverhältnisse noch ungünstig seien und sich erst in den folgenden Dezennien bessern, sowie dass die Schnelligkeit der Adaptation im höheren Lebensalter nachlasse. So sorgfältig auch die Untersuchungen angestellt waren, so kann man, glaube ich, ihre Resultate doch nicht als beweiskräftig genug betrachten. Einmal waren die Vorbereitungen nicht so getroffen, dass alle Untersuchungspersonen unter denselben, gleichen Verhältnissen untersucht wurden. Denn Wölfflin stellte seine ersten Schwellenmessungen an seinen Personen erst dann an, nachdem sie bereits eine halbe Stunde lang dunkel adaptiert waren. Nun ist doch aber, wie Nicolai und Rabinowitsch gezeigt haben, der Grad einer Dunkeladaptation zu einer bestimmten Zeit von der vorausgegangenen Helladaptation abhängig. Diese aber war bei den von Wölfflin untersuchten Personen ganz verschieden und folglich mussten aus diesen Gründen auch die nach halbstündiger Dunkeladaptation gefundenen Werte verschieden sein und konnten nicht als unter einander vergleichbare Werte betrachtet werden. Hinzu kommt noch, dass Wölfflin von seinen Personen nicht sofort bei Beginn der Dunkeladaptation den ersten Wert bestimmte und dann durch öfters wiederholte Schwellenbestimmungen den zeitlichen Verlauf festlegte, sondern dass er nur nach einhalbstündiger Dunkeladaptation die Schwellen bestimmte und dann wieder nach Erreichung des Maximums. Diese Methode kann aber zu falschen Schlüssen verleiten, denn wenn auch zu einer bestimmten Zeit das Maximum erreicht war und bei vielen Personen zu derselben Zeit dasselbe Maximum sich fand, so war

es doch immerhin leicht möglich, dass der Verlauf der Kurve bis zum Erreichen dieses gleichen Maximums unter einander variierte und sich hierin der Einfluss des Lebensalters bemerkbar machte. Ausserdem liegt die praktische Wichtigkeit eventueller Differenzen in der Adaptation nicht im Endstadium, sondern im Anfangsstadium. Denn die Beeinträchtigung, die eine Person einer anderen gegenüber dadurch erfährt, dass nach einstündiger Adaptation ihr Maximalwert nicht dieselbe Höhe erreicht hat, wird eine minimale sein und sich kaum bemerkbar machen. Wohl aber machen sich Differenzen in den Werten in den ersten 10—15 Minuten bemerkbar. Hier wird diejenige Person benachteiligt sein, deren Anfangswerte niedrig sind und langsam ansteigen. Es war also von Wichtigkeit festzustellen, ob in dem Anfangsstadium sich etwa durch das Lebensalter bedingte Differenzen zeigen, und hierüber kann man aus Wölfflins Arbeit nichts ersehen.

Aber auch die Arbeit von Cohen zeigt dieselben Mängel in der Untersuchungsmethode, zu denen noch der hinzukommt, dass die Zahl der von ihm untersuchten Personen, nämlich 30, zu klein ist, um daraus Schlüsse zu ziehen und dass bei der Verteilung der Untersuchungspersonen auf die einzelnen Dezennien auf das erste und achte nur je zwei Personen kommen, also Zufälligkeiten sich leicht einstellen können.

Da also die Frage nach dem Einfluss des Lebensalters auf die Adaptation noch nicht genügend geklärt ist, habe ich es mir, zumal inzwischen durch den von Nagel angegebenen Adaptometer die Exaktheit der Untersuchungen eine wesentlich bessere geworden ist, zur Aufgabe gemacht, noch einmal dem Studium dieser Frage näher zu treten und gleichzeitig hiermit Untersuchungen über die individuellen Schwankungen des Dämmerungssehens zu verknüpfen. Vor allem lag mir

daran, für alle Versuchspersonen vollkommen gleiche und übereinstimmende Untersuchungsverhältnisse zu schaffen, um wirklich untereinander vergleichbare Werte zu erhalten und alles auszuschalten, was von aussen her irgendwie den Gang der Adaptation beeinflussen könnte. Des ferneren war es, um einen Ueberblick über den Ablauf der gesamten Adaptation zu erhalten, von vornherein nötig, bei jeder Versuchsperson eine fortlaufende Reihe von Schwellenbestimmungen zu machen, vom Beginn der Dunkeladaptation an bis nach Ablauf einer Stunde und nicht nur ein oder zwei Messungen, nachdem das Auge schon eine gewisse Zeit dunkel-adaptiert war.

Ich will deshalb erst die Methode beschreiben, nach der ich bei meinen Versuchen verfuhr und später auf die Beurteilung der gefundenen Resultate eingehen. Vor allem war es sehr wichtig, für alle Versuchspersonen die gleiche Helladaptation zu erzielen, da ja der Verlauf der Dunkeladaptation in direkter Beziehung zur vorangegangenen Helladaptation steht. Da sich aber diese bei Sonnenlicht wegen des viel zu heftigen Wechsels der Lichtintensität nicht erzielen lässt, war es nötig, sie auf künstliche Weise herbeizuführen. Wie nun Nagel angibt, genügt zum Erzielen einer guten Helladaptation eine Lichtintensität von etwa 600 Meterkerzen. Diese verschaffte ich mir in der von Nagel in Tigerstedt's „Handbuch der physiologischen Methodik" angegebenen Weise mittels einer in einem Dunkelzimmer befindlichen Graetzinlampe *), die sich für diesen Zweck besonders gut eignete, und liess die Personen genau 15 Minuten hell-adaptieren. Da sämtliche Untersuchungen monokulär vorgenommen wurden, war das zweite Auge

*) Es sei mir gestattet, auch an dieser Stelle der Firma Ehrich & Graetz, Treptow-Berlin für die freundliche leihweise Ueberlassung dieser Lampe meinen ergebensten Dank auszusprechen.

lichtdicht abgeschlossen. Nachdem so die Helladaptation hergestellt war, wurden die Versuchspersonen sofort in das Dunkelzimmer geführt und in einer Entfernung von etwa 57 cm. vor den Nagel'schen Adaptometer gesetzt. Der Bau des Apparates ist ja bekannt und möchte ich nur noch eines kleinen Hilfsapparates Erwähuung tun, den ich für meine Zwecke in den Hauptapparat erst noch hineinbauen liess. Als Lichtquelle in dem Adaptometer dienten drei Osmiumlampen von je 25 Meterkerzen. Sollten nun diese Messungen sehr exakt sein, so war es auch nötig, dass diese Lampen, die von dem allgemeinen elektrischen Strassennetz gespeist wurden, immer dieselbe Intensität entfalteten. Das war aber ohne weiteres nicht der Fall. Denn wie die Leitung der Berliner Elektrizitätswerke mir mitteilte, sind in ihrem Stromnetz täglich Stromschwankungen vorhanden, die bis 2 Volt erreichen. Natürlich wechselt mit diesen Schwankungen auch die Intensität der Lampen und diese Inkonstanz kann leicht eine Fehlerquelle für den Wert der Messungen abgeben. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, liess ich in den Stromkreis der Lampen einen von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft konstruierten Eisenwiderstand einschalten, der den Strom nahezu konstant machte oder höchstens Schwankunngen von 0,2 Volt ergab. Jedenfalls betrugen diese Schwankungen noch weniger als bei Wölfflin, der bei seinen Untersuchungen mit Stromschwankungen von 1 Volt arbeitete, sodass man diese geringen Schwankungen, wie auch Nagel angibt, nicht in Rechnung zu ziehen braucht. Zu berücksichtigen war ferner, dass Lampen, die noch nie in Gebrauch waren, an Leuchtkraft in der ersten Zeit — bis etwa 100 Brennstunden verflossen sind — einbüssen. Ich verwandte deshalb zu meinen Versuchen keine neuen Lampen, sondern nur solche, die bereits hintereinander 100 Stunden gebrannt hatten und dadurch auch an

ihrem Teile Gewähr für eine konstante Lichtstärke boten.

Von der Benutzung der Fixationslampe glaubte ich nicht abgehen zu müssen; denn da in dem Dunkelzimmer die Orientierung eine sehr schwere war und die zu beobachtende Scheibe nicht leicht gefunden wurde, konnte es passieren, dass zu hohe Schwellenwerte gemessen werden. Ich brachte deshalb die Fixierpunktslampe 8—10 cm oberhalb des Randes des zu beobachtenden Feldes an und forderte die Versuchspersonen auf während der Untersuchung den Blick in horizontaler Richtung um den roten Punkt umherschweifen zu lassen, sodass sie dann einen Anhalt hatten, wo sie das Feld suchen mussten. Um den Personen überhaupt die Untersuchung zu erleichtern und sie in ihren Angaben sicherer zu machen, klärte ich vor der Untersuchung jeden einzelnen genau über den Gang der Untersuchung auf, setzte ihnen genau auseinander, worauf es ankam und machte probeweise mit jedem einige Schwellenbestimmungen, sodass die Leute bei der späteren Untersuchung durchaus nicht befangen waren und prompte Angaben machen konnten.

In der Frage, welche Reizschwelle als die richtige zu betrachten sei, ob die überschwellige, die gekennzeichnet ist durch den Moment, wo die eben noch gesehene Scheibe verschwindet und die einen geringeren Wert besitzt, oder ob die unerschwellige, die durch den Moment des ersten Auftretens der Scheibe charakterisiert ist und die einen höheren Wert besitzt, schloss ich mich dem Beispiel von Wölfflin an. Ich bestimmte beide Schwellen, deren Zahlenwert ich bei der Untersuchung im Scheine einer kleinen, mit einer roten Birne versehenen elektrischen Taschenlampe notierte, und zog aus ihnen das arithmetische Mittel. An der Hand der von Nagel aufgestellten Tabellen ermittelte ich dann

für die so gefundenen Mittelwerte die relativen Empfindlichkeitswerte und legte sie in Tabellen nieder. *) Bei der graphischen Darstellung dieser Tabellen jedoch habe ich mich nicht an den von Piper gewählten Modus gehalten, der auf der Ordinaten die gefundenen Empfindlichkeitswerte in arithmetischer Reihe einzeichnete. Wie nämlich Best ausführt, haftet dieser Methode ein Nachteil an, der leicht zu einer falschen Beurteilung des Adaptationsverlaufes führen kann. In Pipers Kurven kommen zwar die Werte nach 15 Minuten Dauer der Dunkeladaptation deutlich zum Ausdruck und lassen sich Differenzen zwischen den Werten verschiedener Personen klar erkennen. Aber darüber, worauf es im klinischen Sinne wohl am meisten ankommt, nämlich auf den Verlauf der Dunkeladaptation in den ersten zehn Minuten, ist aus seinen Kurven nichts zu ersehen. Denn sie erheben sich in ihrem Anfangsteil kaum von der Abscissenachse und fallen vollständig zusammen. Hierdurch kommt einmal, dass die evtl. in diesen Anfangsteil fallenden Differenzen nicht zum Ausdruck kommen, dann aber, dass Piper eben aus dem Verlauf des Anfangsteiles der Kurve die Regel aufstellte, dass die Adaptation in den ersten zehn Minuten nur eine geringe sei. Dem letzteren widerspricht aber eigentlich die Erfahrung des täglichen Lebens. Denn bei Uebertritt vom Hellen ins Dunkle sehen wir zwar zuerst schlecht, aber rasch, schon nach einigen Minuten, hat sich das Auge an die veränderten Verhältnisse gewöhnt und sieht wieder gut. Deutlicher nun und der Erfahrung des täglichen Lebens entsprechender kommt der Verlauf der Dunkeladaptation, wenigstens für die ersten 15 Minuten zum Ausdruck, wenn man sich der graphischen Darstellung bedient, wie sie Best vorgeschlagen hat. Dieser

*) Ihre Veröffentlichung behalte ich mir für eine spätere Zeit vor.

trug nämlich auf der Ordinatenachse die Empfindlichkeitswerte nicht in arithmetischer, sondern in geometrischer Reihe ein. Bei dieser Darstellung, bei der die Empfindlichkeitszunahme um das Doppelte immer durch die gleiche Strecke der Ordinaten ausgedrückt wird, kommen natürlich die Wertdifferenzen in der ersten Viertelstunde deutlich und klar zum Ausdruck, während andererseits die Differenzen in den folgenden Minuten nicht so deutlich sich markieren. Da ich aber bei meinen Untersuchungen Gewicht darauf legte, den Verlauf der Kurve gerade in den ersten Minuten zu erkennen, folgte ich dem Vorschlage von Best und wandte die Methode der geometrischen Darstellung an.

Um mich erst zu vergewissern, ob die von mir gewählte Methode wirklich eine exakte sei und Fehlerquellen ausschliesse, nahm ich zuvor an 4 Personen, die sich im Alter von 13—17 Jahren befanden, Kontrollversuche vor. An verschiedenen Tagen stellte ich bei ihnen die über eine Stunde ausgedehnten Untersuchungen an und konnte feststellen, dass die Resultate, abgesehen von kleinen Schwankungen, immer dieselben waren. Wenn nun bei meinen Controllversuchungen die Schwankungen vielleicht etwas grösser waren als bei Piper, so findet das seine Erklärung darin, dass ich zu meinen Versuchen ungeübte, nicht so intelligente und jugendliche Personen verwandte, die in ihren Angaben nicht so zuverlässig waren, wie Pipers Personen.

Zu meinen Untersuchungen hatte ich mir hundert Personen ausgesucht, die körperlich gesund waren und eine sogenannte Durchschnittsintelligenz besassen. Bei der Verwertung der gefundenen Resultate musste ich aber die von zwölf Personen ausschliessen, da sich bei ihnen während der Untersuchung adaptationsstörende Einflüsse eingestellt hatten, wie leichte Schwindelanfälle, starkes Flimmern, Thränenfluss, Auftreten von Nach-

bildern und Nebel vor den Augen. Von den verbleibenden 88 Personen waren 43 männlich, 45 weiblich. Auf die einzelnen Lebensalter verteilten sie sich folgendermassen:

	männlich	weiblich	total:
1. Decennium	7	1	8
2. „	13	12	25
3. „	2	6	8
4. „	5	7	12
5. „	6	8	14
6. „	7	7	14
7. „	3	4	7

Die älteste untersuchte Person war 70 Jahre alt, die jüngste 7 Jahre.

Sämtliche Personen waren natürlich frei von Augenhintergrundserkrankungen und genau ophthalmoskopisch untersucht worden. Die einzige Veränderung, die sie darboten, waren Refraktionsstörungen. Und zwar befanden sich unter ihnen 11 Myope mit einem Grade der Myopie bis — 2, 47 Hypermetrope mit bis + 2,5, während 30 ganz normale Verhältnisse boten. Diese Refraktionsstörungen kommen aber nicht in Betracht, da erst Wölfflin wieder diesbezügliche Befunde erheben konnte und auch Seggel nur bei starkem Grad von Myopie Adaptationsstörungen annimmt.

Wenn ich nochmals kurz rekapituliere, so war der Gang der Untersuchung also folgender. 2 oder bisweilen auch 3 Personen wurden gleichzeitig genau 15 Minuten in der oben beschriebenen Weise monokulär hell-adaptiert. Sofort nach Ablauf dieser Zeit wurden sie ins Dunkelzimmer geführt, und die erste Person musste, je nach dem Refractionszustande des Auges mit oder ohne ihre betreffende Brille, vor dem Adaptometer Platz nehmen, während die anderen das Auge schliessen und überdies noch die Hand vorhalten mussten. Ich machte die erste über- und unterschwellige Bestimmung, notierte

mir die gefundenen Werte und liess dann die zweite Person Platz nehmen. Um zu konstatieren, ob wirklich die Scheibe gesehen wurde oder ob es sich nur um subjektive Lichtempfindungen handelte, hielt ich öfters nach dem Vorschlage Nagels meine Hand vor die Scheibe — was die Personen nicht bemerken konnten — und liess sie dann angeben, was sie sahen. So wurden an den einzelnen Personen abwechselnd die Messungen vorgenommen, die in der ersten Viertelstunde in Pausen von 2—3 Minuten, dann aber in Zwischenräumen von 6—8—10 Minuten angestellt wurden. Die ganze Untersuchung dehnte sich in allen Fällen eine Stunde lang aus. Aus den überschwelligen und unterschwelligen Werten zog ich das arithmetische Mittel und stellte an der Hand von Nagels Tabellen für alle drei Werte die relativen Empfindlichkeitswerte fest. Aus den Zahlen der Mittelwerte habe ich nach der Methode von Best die Kurven konstruiert. Ich verwertete für das erste Decennium die Resultate aller acht Personen, für das zweite Decennium die von 14 Personen und zwar von sieben mit den höchsten und sieben mit den niedrigsten Endwerten, für das dritte und siebente Decennium je sieben Resultate, und für das vierte, fünfte und sechste Decennium die Resultate von zehn Personen, je fünf mit den höchsten und fünf mit den niedrigsten Endwerten.

Unterziehe ich nun die Kurven, die in der vorliegenden Arbeit nur in verkleinertem Massstab eingezeichnet sind, hinsichtlich ihrer Bedeutung einer näheren Betrachtung, so kann ich aus ihnen in einigen Punkten eine Uebereinstimmung mit den Befunden Pipers erkennen. Wie dieser konnte ich feststellen, dass bei vielen Personen der Verlauf der Adaptation kein steter und gleichmässiger ist, sondern sich gleichsam ruckweise vollzieht. Wenn ein bestimmter Wert erreicht ist, so bleibt dieser für einige Minuten erst konstant, um dann

wieder erst anzusteigen und so fort. Es macht sich dieser Verlauf in der Kurve darin bemerkbar, dass sie einen leicht treppen- oder terrassenförmigen Charakter annimmt und nicht in einer glatten Linie verläuft. Des ferneren konnte ich wie Piper Wertzuwachse der Empfindlichkeit nach einer Stunde feststellen, die die von Treitel und Charpentier bei weitem übertreffen. Das Maximum des Zuwachses, das ich fand, betrug nach einstündiger Dunkeladaptation bei monokulärer Untersuchung das 5550 fache des Wertes wie am Beginne — es handelte sich um einen jungen Mann von 19 Jahren —, und das Minimum des Zuwachses, das eine Frau im Alter von 70 Jahren bot, betrug immer noch, monokulär, das 167 fache des Anfangswertes. Schon aus dieser erheblichen Differenz in der Grösse des Wertzuwachses kann man leicht erkennen, wie gross die individuellen Schwankungen sind und wie sich der Einfluss des Lebensalters auf den Gang der Dunkeladaptation bemerkbar macht. Und in der Tat zeigen alle meine Kurven bedeutende individuelle Schwankungen nicht nur zwischen den einzelnen Decennien, sondern auch innerhalb desselben Decenniums. Während aber die Schwankungen innerhalb der ersten drei Decennien während des ganzen einstündigen Verlaufes der Dunkeladaptation stark ausgeprägt sind, scheint es so, als ob vom vierten Decennium ab nach Verlauf der ersten halben Stunde die Schwankungen kleiner werden und die einzelnen Werte sich einander mehr nähern. Andererseits geht aber aus meinen Kurven deutlich hervor, dass die Schwankungen innerhalb der einzelnen Decennien schon von Anfang an einsetzen und nicht erst nach Ablauf der ersten zehn Minuten. Aus Pipers Kurven konnte man dieses bei seiner graphischen Darstellung nicht erkennen, weil bei ihm die einzelnen Kurven sich in ihrem Anfangsteil

vollkommen decken und nach zehn Minuten erst sich dann Schwankungen im Verlauf bemerkbar machen.

Irgend einen Einfluss des Geschlechtes auf die Schwankungen konnte ich nicht bemerken.

Hinsichtlich des Einflusses des Lebensalters auf den Gang der Dunkeladaptation bin ich zu fast ähnlichen Resultaten wie Cohen gekommen. Fig. 8 gibt ein deutliches Bild, wie in den einzelnen Decennien der Wert der Empfindlichkeit nach einer Stunde sich verhält. Wenn wir das Resultat aus dem ersten Decennium ausser Betracht lassen, da es sich doch um Kinder im Alter von 7—10 Jahren handelt, deren Angaben vielleicht doch nicht so genau sind, so zeigt sich, dass im zweiten, dritten und vierten Decennium die Empfindlichkeit nach einer Stunde eine hohe und fast gleiche ist und dass vom vierten Decennium ab die Werte progressiv sinken, um im siebenten Decennium ihren niedrigsten Stand zu erreichen. Wenn Cohen jedoch behauptet, dass die Adaptationsverhältnisse im ersten Decennium noch ungünstig seien und erst in den folgenden Decennien sich bessern, so kann ich mich auf Grund meiner Kurven dieser Ansicht nicht anschliessen. Das zweite, dritte und vierte Decennium haben fast genau denselben Endwert und kann ich von einer in diesen Decennien erst einsetzenden Besserung nichts finden. Und wenn ich gar das Resultat des ersten Decenniums mit in Betracht ziehen will, so kann ich Cohen noch umsoweniger beistimmen. Denn gerade dieses zeigt die höchsten Endwerte, auf das dann eine Verschlechterung, aber keine Besserung in den folgenden Decennien folgt.

Etwas anders verhält sich das Resultat in Bezug auf die Endwerte, wenn man nicht mit den Mittelwerten, sondern mit den absoluten Zahlen operiert. Aus der (hier nicht beigedruckten) Curve konnte ich ersehen, dass, wenn man das Resultat aus dem ersten

Decennium wieder unberücksichtigt lässt, der absolut höchste Endwert im zweiten Decennium sich befindet. Dieser Wert bleibt aber nicht, wie es die Mittelwerte tun, für das dritte und vierte Decennium derselbe, sondern er sinkt sofort vom zweiten bis zum siebenten Decennium herab, sodass die Kurve eine vom zweiten nach dem siebenten Decennium hin steil abfallende Linie darstellt. Anders als die absolut höchsten Werte verhalten sich die absolut niedrigsten Endwerte in den einzelnen Decennien. Während doch die absoluten Maximalwerte vom zweiten bis siebenten Decennium konstant abnehmen und die Differenz zwischen dem zweiten und siebenten Decennium eine bedeutende ist, findet sich unter den Minimalwerten fast gar keine Differenz. Sie schwanken in allen Decennien ziemlich um denselben Wert, sodass also in den höheren Lebensaltern wohl die excessiv hohen Endwerte nach einer Stunde wegfallen, die Minimalwerte aber nicht viel heruntergehen unter die der mittleren Lebensalter.

Ist also so deutlich zu erkennen, dass im höheren Lebensalter die Endwerte der Empfindlichkeit nach einer Stunde sinken, so kann ich aus meinen Kurven auch ersehen, dass die Abnahme der Adaptationsfähigkeit im höheren Lebensalter sich schon von Anfang an bemerkbar macht. Gleich zu Beginn steigen die Empfindlichkeitswerte langsamer an und macht sich dieses in der graphischen Darstellung bemerkbar in dem flacheren Verlauf der Kurven, den sie vom vierten Decennium an nehmen.

Wenn sich also so zweifellos eine Herabsetzung der Adaptationsfähigkeit im höheren Lebensalter ergibt, so ist damit doch noch nicht gesagt, dass diese Herabsetzung auf einer Einbusse der Netzhautempfindlichkeit beruhen muss. Sie kann auch ihre Erklärung finden in anderen, physikalischen Ursachen. So ist daran zu

denken, dass im höheren Lebensalter der Durchmesser der Pupille sich verkleinert und hierdurch weniger Licht in das Auge fallen kann. Des ferneren tritt im höheren Lebensalter eine gelbliche Färbung der Linse ein, durch die ein grösserer Bruchteil des passierenden Lichtes absorbiert wird. Gerade die für das dunkeladaptierte Auge besonders wirksamen Strahlen, nämlich die grünen und blauen, werden stärker absorbiert und wird hierdurch eine Beeinträchtigung der Dunkeladaptation herbeigeführt. Von dieser Beeinträchtigung kann man sich leicht überzeugen, wenn man einer jugendlichen Person ein leicht gelblich gefärbtes Glas vor das Auge hält und dann die Adaptationsuntersuchungen vornimmt. Man bekommt dann Empfindlichkeitswerte, die bedeutend herabsinken unter die Werte, wie sie sich finden bei der Prüfung ohne das vorgehaltene Glas.

Da also diese physikalischen Ursachen sehr leicht die grossen Schwankungen in den einzelnen Lebensaltern erklären können, so muss die Frage noch offen bleiben, ob die im höheren Lebensalter festgestellte Herabsetzung der Adaptationsfähigkeit auf diesen physikalischen Ursachen oder auf einer physiologischen Herabsetzung der Empfindlichkeit der Netzhaut beruht, oder ob hierfür vielleicht beide Faktoren zusammen verantwortlich zu machen sind.

Zu grossem Danke bin ich verpflichtet Herrn Geheimrat Prof. Dr. v. Michel für die gütige Ueberlassung des Untersuchungsmaterials aus der Königlichen Universitäts-Augenklinik sowie Herrn Privatdozent Dr. Köllner für die Anregung zu dieser Arbeit und die erteilten Ratschläge bei der Ausführung der Versuche.

Literatur-Verzeichnis.

Abkürzungen:

G. A. = v. Graefes Archiv für Ophthalmologie.
Z. P. P. = Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane.

Aubert, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865.

Best, Ueber die Dunkeladaptation der Netzhaut. G. A. 76.

Charpentier, Expériences sur la marche de l'adaptation retinienne. Archives d'ophthalmol. 6, 1887.

Cohen Curt, Ueber den Einfluss des Lebensalters auf die Adaptation. Klinische Monatsschrift für Augen-Heilkunde 44, Bd. I.

Filehne, Ueber die Einwirkung des Santonins und des Amylnitrits auf den Sehakt. Pflügers Archiv für Physiologie Bd. 80.

Heinrichsdorff, Die Störungen der Adaptation und des Gesichtsfeldes bei Hemeralopie. G. A. 60.

Horn, Ueber Dunkeladaptation bei Augenhintergrundserkrankungen. Archiv für Augenheilkunde 1908.

v. Kries, Ueber den Einfluss der Adaptation auf Licht- und Farbenempfindung und über die Funktion der Stäbchen. Berichte der Naturforschergesellschaft zu Freiburg. Bd. IX, Heft 2.

Ueber die absolute Empfindlichkeit der verschiedenen Netzhautteile im dunkel-adaptierten Auge. Z. P. P. 1897, Bd. 15.

v. Kries und Nagel, Weitere Mitteilungen über die funktionelle Sonderstellung des Netzhautcentrums. Z. P. P. Bd. 23.

Messmer, Ueber die Dunkeladaptation bei Hemeralopie. Z. P. P. Bd. 42.

Nagel und Schäfer, Ueber das Verhalten der Netzhautzapfen bei Dunkeladaptation. Z. P. P. 1904.

Nagel, Handbuch der Physiologie des Menschen, Bd. III, 1905.

Einige Beobachtungen über die Wirkungen des Druckes und des galvanischen Stromes auf die Dunkeladaptation des Auges. Z. P. P. Bd. 34.

Zwei Apparate für die augenärztliche Funktionsprüfung. Zeitschrift für Augenheilkunde. Bd. 17.

Nicolai, Ueber den Gang der Dunkeladaptation und seine Abhängigkeit von der vorausgegangenen Belichtung. Zentralblatt für Physiologie, Bd. 21, No. 18.

Piper, Ueber Dunkeladaptation. Z. P. P. 1903.

Zur messenden Untersuchung und zur Theorie der Hell-Dunkeladaptation. Klinisches Monatsblatt der Augenheilkunde. 45, 1907.

Rabinowitsch, Ueber den Gang der Schwellenempfindlichkeit bei Dunkeladaptation und seine Abhängigkeit von der vorausgegangenen Belichtung. Zeitschrift für Augenheilkunde. Bd. 19.

Stargardt, Die Untersuchung des Gesichtsfeldes bei Dunkeladaptation mit besonderer Berücksichtigung der Solut. Retinae. Klinische Monatsschrift für Augenheilkuude 44. Bd. II.

Zur Pathologie der Dunkeladaptation. Ber. über die 35. Versammlung der ophthalmologischen Gesellschaft, Heidelberg. (S. 213).

Ueber Dunkeladaptation. G. A. 1910.

Treitel, Ueber Hemeralopie und Untersuchung des Lichtsinnes. G. A. 30.
Ueber das Verhalten der normalen Adaptation. G. A. 33.
Tschermak, Die Hell-Dunkeladaptation des Auges und die Funktion der Stäbchen und Zapfen. Ergebnisse der Physiologie. Wiesbaden. 1902.
Tigerstedt, Handbuch der physiologischen Methoden. Bd. III, 1909.
Wölfflin, Der Einfluss des Lebensalters auf den Lichtsinn bei dunkel adaptierten Augen. G. A. 61.
Ueber die Beeinflussung der Dunkeladaptation durch künstliche Mittel. G. A. 65.
Ueber Dunkeladaptation von fovealen und parafovealen Netzhautpartieen. G. A. Bd. 76.

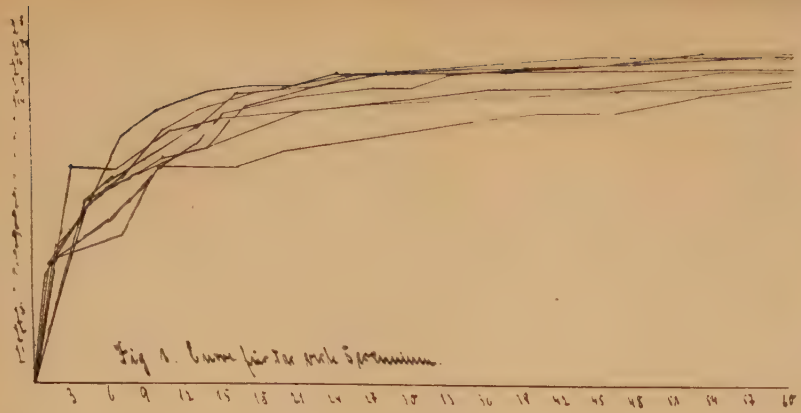

Fig 1. Curve für das erste Specimen.

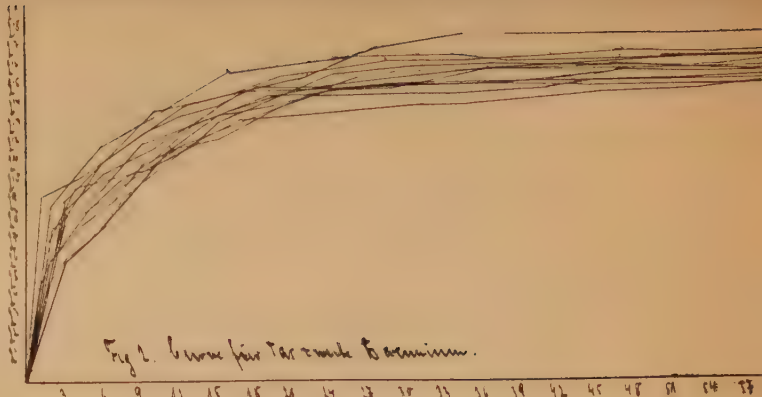

Fig 2. Curve für das zweite Specimen.

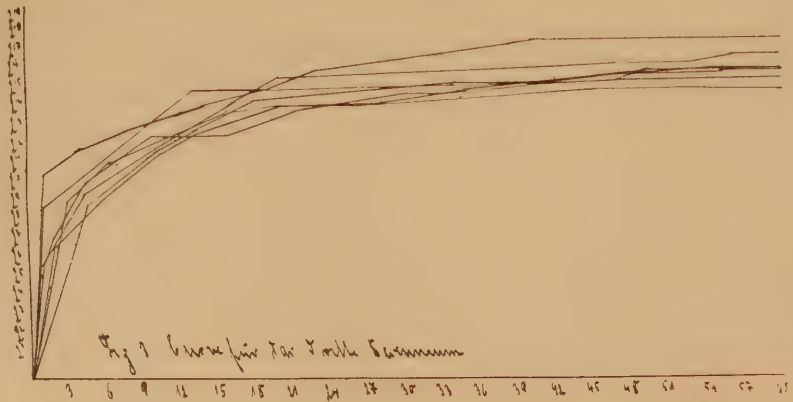

Fig 3. Curve für das dritte Specimen

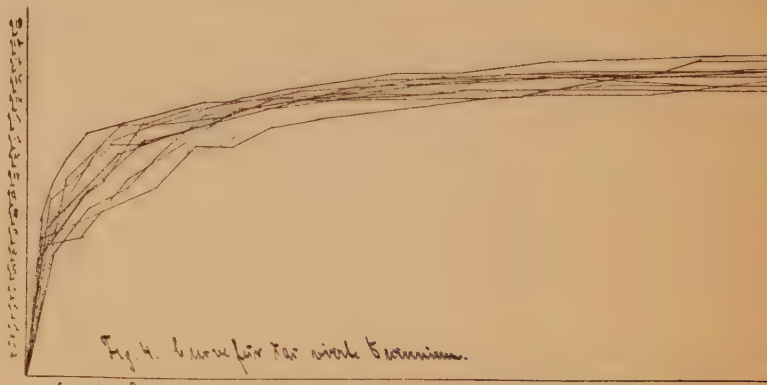

Fig 4. Curve für das vierte Specimen.

Fig. 5. Curve für das fünfte Terminum

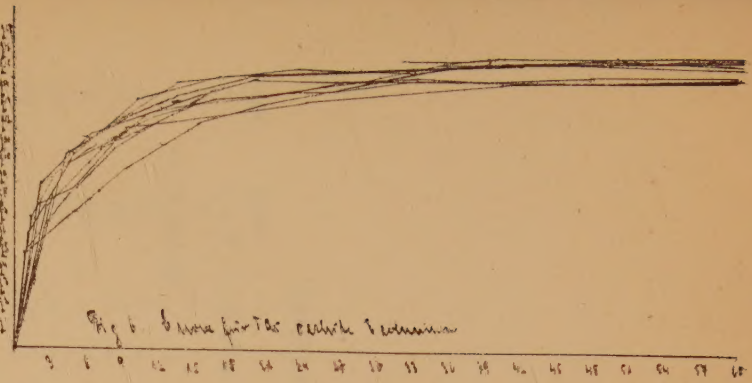

Fig. 6. Curve für das sechste Terminum

Fig. 7. Curve für das siebente Terminum

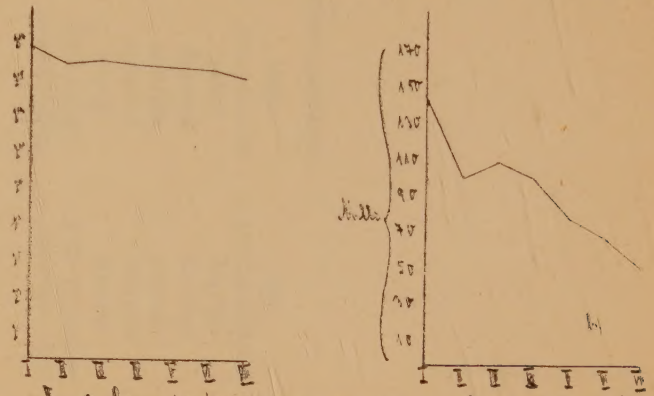

Fig. 8. Curve der Mittelwerte aus den nach einer Stunde gefundenen Entwicklungen der einzelnen Terminen a) nach Hirt, b) nach Pipper

Druckfehlerverzeichnis.

Seite	Zeile			statt	lies
5	2 u. 8	von	oben	Accomodation	Accommodation
5	5	„	„	geben	begeben
8	15, 19, 24 u. 30	„	„	Zentrum	Centrum
8	16	„	„	zentralis	centralis
8	24	„	„	zentralen	centralen
8	30	„	„	hierbei	hierüber
19	13	„	„	Feld suchen	Feld zu suchen
19	27	„	„	unerschwellige	unterschwellige

Lebenslauf.

Ich, Aron Petuchowski, jüdischer Religion, bin am 20. Mai 1882 zu Halberstadt als Sohn des Kultusbeamten Joseph Petuchowski und seiner verstorbenen Ehefrau, Helene, geb. Markulowitz, geboren. Meine erste Vorbildung erhielt ich in der jüdischen Volksschule meiner Heimatstadt. Von Ostern 1894 bis Ostern 1901 besuchte ich das Königliche Domgymnasium daselbst, das ich mit dem Abiturientenzeugnis verliess, um mich dem Studium der Medizin zu widmen. Zu diesem Zwecke bezog ich Ostern 1901 die Königl. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, wo ich im März 1903 die ärztliche Vorprüfung und am 30. Juli 1906 die ärztliche Staatsprüfung beendete. Nachdem ich vom 1. September 1906 bis 1. März 1907 am Salvatorkrankenhause meiner Heimatstadt als Medizinalpraktikant tätig gewesen war, wurde mir am 1. März 1907 die Approbation als Arzt erteilt. Seit dieser Zeit bin ich in Berlin an verschiedenen Kliniken als Assistenzarzt tätig gewesen und versehe auch momentan in einem Berliner Sanatorium die Stelle eines Assistenzarztes.

Während meiner Studienzeit hörte ich die Vorlesungen der Herren Professoren und Dozenten:

Blumenthal, Bumm, Engelmann †, Fischer, Fritsch, Gebhardt †, Greeff, Hertwig, Hildebrand, Israel †, Joachimsthal, W. Krause †, Kirchner, Klemperer, Kraus, König †, Landau, Lewin, Lesser, J. Munk †, Meyer, Orth, Pagel, Pick, Passow, v. Olshausen, Rubner, Schultz †, Senator, H. Virchow, Waldeyer, Warburg, v. Wilamowitz-Möllendorff.